RESEARCH HIGHLIGHTS

Technical Series 00-134

THE RENOVATION OF AN APARTMENT BUILDING WITH SOLID MASONRY WALLS

Introduction

In 1996, a four-storey, 30-unit, 86-year-old, apartment building located in Prince Albert, Saskatchewan was completely gutted and renovated. The project attracted the attention of the Research Division of Canada Mortgage and Housing Corporation as the renovation called for the addition of interior insulation to the solid masonry (clay brick) walls of the building. This practice was, and continues to be, contentious due to suspicions that it adversely affects the durability of solid masonry walls by increasing the risk of freeze-thaw cycles, interior wall condensation and cyclic thermal stresses. Consequently, solid masonry buildings are often left uninsulated during renovations at the expense of energy efficiency and occupants' comfort. The Prince Albert building represented an opportunity for CMHC to initiate a research project to document the renovation of a solid masonry building and to monitor and assess the performance of the retrofitted masonry walls and other aspects of the renovated building over the course of a year.

Research Program

The research program was multifaceted and included the following tasks:

1. Assessment of the potential for exterior wall rain penetration of the masonry walls and the development of a rain penetration and interior moisture control strategy.
2. Monitoring of the heat, air and moisture conditions at various locations within the retrofitted exterior wall sections to assess performance.
3. Monitoring of the energy consumption, indoor air quality and ventilation system performance of the building over the first post-renovation year.

Findings

After approximately 1½ years of monitoring, the renovation of the building appears to have been successful. The findings of each research program area are as follows:

Rain Penetration - Interior Moisture Control

A spray test was performed on the building prior to the renovation to assess the potential for water penetration of the solid masonry (clay brick) walls due to wind-driven rain. The test found the walls to be extremely susceptible to rain penetration. The building owners were advised that a rain penetration control strategy would be necessary to protect the walls from

CMHC SCHL

HOME TO CANADIANS
Canada

moisture-related damage. The renovation plan was altered to include the installation of a protective layer of stucco on the side and rear elevations of the building. The front elevation was not covered due to heritage and aesthetic considerations, however, mortar joint repointing was recommended. Laboratory stucco adhesion and cracking tests were performed to identify the properties of the stucco required to ensure long-term performance. It was determined that a polyvinyl acetate emulsion adhesive primer was required to ensure uniform stucco adhesion to the masonry. Prior to the application of the stucco, it was recommended that fibreglass reinforcing mesh be installed over cracks in the masonry substrate and expanded metal mesh lathe be applied around all window openings. Construction joint locations were also determined.

Plans were also developed to protect the wall system from interior moisture sources. Special details were created to ensure air and vapour barrier continuity around windows and through floor platforms. A balanced supply air-exhaust air ventilation system was designed and installed to mitigate occupant-related moisture generation and to ensure a continuous supply of fresh air to all areas of the building. A supply air system provides fresh air to the common corridor on each floor while exhaust air is drawn from all apartments by continuously operating central exhaust fans. Exhaust grilles, connected to the exhaust air system, were provided in all rooms to exhaust stale air from, and to induce fresh air into, all areas of the building.

Post-Retrofit Performance of the Masonry Walls

The performance of the retrofitted wall structure was assessed by a monitoring program devised to record heat, air and moisture conditions at various points through the wall section. Moisture contents of wood joists in the attic space were also monitored. Rain wetting patterns were recorded to determine the relation of rain to the conditions recorded through the wall sections. Local weather conditions and indoor relative humidity and temperature were also tracked. Conditions were monitored in six wall locations representative of all elevations and floor levels. The instrumentation was connected to a multi-channel data logger located in the building, which accumulated data on 30-minute intervals for 15 months. The findings of the monitoring program include:

- The protective stucco layer was successful in reducing the amount of water penetration into the wall assembly. Rain penetration through wall sections that were not stuccoed was evident.

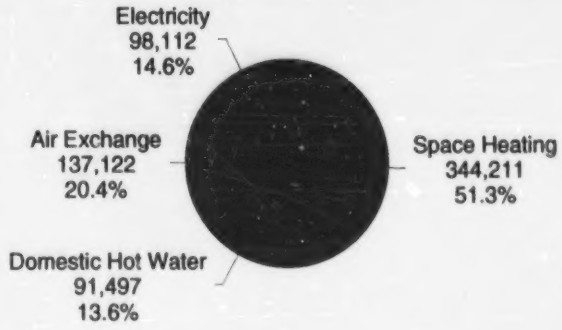
- The original solid masonry wall structure (which has a layer of cement parging on the interior) was responsible for a significant proportion of the overall final airtightness of the renovated building.

- The addition of insulation (RSI 3.5) on the interior of the masonry walls subjected the masonry walls to outdoor temperature and moisture conditions. The solid masonry walls tended to dampen the short term oscillations in cavity humidity when compared to outdoor conditions.

Energy Consumption

The energy consumption of the renovated building was compared to pre-renovation use. Despite the installation of upgraded thermal insulation, air barrier system, radiant floor heating, and new windows, the building consumed 670,942 kWhe (399 kWhe/m^2 or 0.061 kWhe/m^2/degree day). Approximately 20% more natural gas was consumed in the first year after the renovation than was used in the previous year. The installation of a high capacity, continuously operating ventilation system, increased occupancy, and occupants' preference for relatively high indoor temperatures are likely the primary causes of the increased energy consumption. However, when the energy consumption of the building is normalized to building area and degree day location, it is found to be comparable to other, recently constructed, mid-rise residential buildings in Canada.

Figure 1: Annual Post-Retrofit Energy Consumption (kWhe)



Ventilation System Performance and Indoor Environment

The continuously operating supply and exhaust air systems serve every habitable room in the building. As a result, the indoor air quality within the building is quite good (Table 1).

Table 1: Post-retrofit Indoor Environment Indicators (mid-winter)

Suite	HCHO (ppm)	Particulates ($\mu g/m^3$)	TVOC mg/m^3	CO_2 (ppm)	Temp. °C	RH %
113	<0.01	22	.315	465	25	5.6
201	<0.01	5-12	.217	421	27	5.2
203	<0.01	15-23	.38	569	24	9.8
Targets	<0.05	40	1.0 (0.2 for comfort)	1000 ASHRAE	20-22	30-50

The low mid-winter relative humidities and CO_2 levels recorded in the building reflect the extremely dry outdoor conditions of Prince Albert and the high air exchange rate within the building. The use of recycled materials (e.g. kitchen and bathroom cabinetry) also contributed to the good indoor air quality due to reduced material associated pollutant emissions.

Conclusions

Based on the results of the 15-month monitoring period, the addition of interior insulation to the solid masonry walls of the building has not adversely affected the performance of the wall system. Not surprisingly, the walls that were stuccoed on the exterior resist moisture penetration better than the unprotected wall. Moisture conditions within the protected wall assemblies were relatively benign and would not adversely affect durability. Rain penetration of the one unprotected wall was marked by the detection of moisture within the assembly, the increase in the moisture content of wood framing members and higher wall cavity humidity levels. Fortunately, the wall assemblies also tend to dry out quickly afterwards. The extent to which such moisture loading represents a threat to the integrity of the masonry, mortar joints and interior wood framing is not known. Further monitoring of the building will be undertaken to track conditions over time. It should be noted that the observations and conclusions of this study are particular to Prince Albert, Saskatchewan which has relatively brief seasons associated with freeze-thaw cycles and the dry climate promotes the drying of wetted building envelope assemblies. Results may vary for buildings located in different climates.

While the presence of pollutants in the indoor air is very low, it occurs largely at the expense of energy efficiency and occupants' comfort. The building may be over-ventilated as energy costs are high and mid-winter indoor relative humidity levels are uncomfortably low. The ventilation system air flow rates could have been better rationalized based on the actual ventilation air requirements of the occupants and building. Heat recovery should also have been considered given the relatively cold climate and the continuous operation of the system.

Overall, the condition of the building has been substantially improved as a result of the renovation. Long-term durability is expected to be improved while living conditions for the occupants have been greatly enhanced.

Implications for the Housing Sector

The results of this project demonstrate that, at least in the short term, solid masonry walls in cold, dry climates are not adversely affected by the installation of interior insulation, particularly if measures are imposed to control interior and exterior moisture sources. More extensive monitoring of this building, as well as other ones, will be required to evaluate the extent to which this conclusion holds true over the longer term and in other locations. If successful, interior insulation retrofits will increase the options available to housing industry in the renovation of apartment buildings.

Project Manager: Duncan Hill, Research Division, Canada Mortgage and Housing Corporation

Research Report: *The Renovation of an Apartment Building with Solid Masonry Walls*

Research Consultants: Dr. Robert Dumont, Larry Snodgrass and Jerry Makohon, Building Performance Section, Saskatchewan Research Council

A full report on this project is available from the Canadian Housing Information Centre at the address below.

Housing Research at CMHC

Under Part IX of the *National Housing Act*, the Government of Canada provides funds to CMHC to conduct research into the social, economic and technical aspects of housing and related fields, and to undertake the publishing and distribution of the results of this research.

This fact sheet is one of a series intended to inform you of the nature and scope of CMHC's research.

This **Research Highlights** fact sheet is one of a wide variety of housing-related publications produced by CMHC.

For a complete list of **Research Highlights**, or for more information on CMHC housing research and information, please contact:

The Canadian Housing Information Centre
Canada Mortgage and Housing Corporation
700 Montreal Road
Ottawa ON K1A 0P7

Telephone: 1 800 668-2642
FAX: 1 800 245-9274

OUR WEB SITE ADDRESS: www.cmhc-schl.gc.ca/Research

NHA 2266

The information in this publication represents the latest knowledge available to CMHC at the time of publication and has been thoroughly reviewed by experts in the housing field. CMHC, however, assumes no liability for any damage, injury, expense or loss that may result from the use of this information.

L'E POINT EN RECHERCHE

Série technique 00-134

RÉNOVATION D'UN IMMEUBLE D'APPARTEMENTS AVEC MURS EN MAÇONNERIE MASSIVE

Introduction

En 1996, un immeuble âgé de 86 ans comportant 30 logements répartis sur quatre étages a été complètement dégarni et rénové. Situé à Prince Albert, en Saskatchewan, cet ensemble d'habitation a attiré l'attention de la Division de la recherche de la Société canadienne d'hypothèques et de logement puisque les rénovations exigeaient l'ajout d'isolant sur la face intérieure d'un placage de maçonnerie massive (briques d'argile). Cette pratique était et continue d'être contestée parce qu'on craint qu'elle ne nuise à la durabilité de ce genre de mur en augmentant le risque de cycles de gel et de dégel, de condensation sur l'intérieur des murs et de contraintes thermiques cycliques. C'est pourquoi les bâtiments en maçonnerie massive sont souvent laissés exempts d'isolant lors de rénovations au détriment de l'efficacité énergétique et du confort des occupants. L'immeuble de Prince Albert représentait une occasion pour la SCHL de documenter la rénovation d'un bâtiment en maçonnerie massive, puis de contrôler et d'évaluer la performance des murs en maçonnerie ainsi rénovés et d'autres aspects du bâtiment au cours d'une année.

Programme de recherche

Le programme de recherche comportait plusieurs facettes, à savoir :

1. l'évaluation du potentiel d'infiltration de pluie par l'extérieur des murs en maçonnerie et l'élaboration d'une stratégie de maîtrise de l'humidité intérieure et de l'infiltration de la pluie;
2. le contrôle des conditions d'air, de chaleur et d'humidité à divers endroits des murs extérieurs rénovés afin d'en évaluer la performance;
3. le contrôle de la consommation d'énergie, de la qualité de l'air intérieur et de la performance de l'installation de ventilation du bâtiment durant la première année suivant les rénovations.

Résultats

Après avoir effectué des contrôles pendant environ un an et demi, les chercheurs ont constaté que la rénovation du bâtiment semblait avoir réussi. Voici donc les résultats qui ont été obtenus pour chaque volet de l'étude :

Infiltration de la pluie — maîtrise de l'humidité à l'intérieur

Un essai d'arrosage a été réalisé sur le bâtiment avant les rénovations afin de déterminer le potentiel d'infiltration d'eau des murs en maçonnerie massive (briques d'argile) lorsque la pluie est poussée par le vent. L'essai a révélé que les murs sont extrêmement sujets aux infiltrations de pluie. On a donc avisé les

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

propriétaires de l'immeuble qu'il faudrait élaborer une stratégie de maîtrise des infiltrations de pluie afin de protéger les murs contre les dommages causés par l'humidité. C'est ainsi que le plan de rénovation a été modifié pour prévoir la pose d'une couche protectrice de stucco sur les côtés et l'arrière du bâtiment. La façade n'a pas subi ce traitement pour des raisons d'ordre patrimonial et esthétique. Toutefois, on a recommandé de refaire les joints de mortier. On a effectué en laboratoire des essais d'adhésion et de fissuration du stucco afin de déterminer les propriétés requises pour assurer la performance du stucco à long terme. On a établi qu'un apprêt composé d'une émulsion adhésive polyvinylique serait nécessaire pour que le stucco adhère à la maçonnerie de façon uniforme. Avant l'application du stucco, on a recommandé la pose d'un treillis d'armature en fibre de verre par-dessus les fissures du support de maçonnerie ainsi que l'application d'un treillis métallique étendu autour de toutes les ouvertures de fenêtre. L'emplacement des joints de construction a aussi été déterminé.

Des plans ont également été élaborés pour protéger le mur des sources d'humidité intérieures. On a prévu des détails particuliers afin d'assurer la continuité du pare-air et du pare-vapeur autour des fenêtres et à travers les planchers. Un système équilibré d'apport et d'extraction d'air a été conçu et mis en place pour réduire la quantité d'humidité produite par les occupants et pour garantir un apport continu d'air frais à toutes les zones du bâtiment. Un dispositif fournit de l'air frais au corridor commun de chaque étage tandis que l'air vicié est évacué de tous les appartements grâce à des ventilateurs d'extraction centraux fonctionnant en continu. Toutes les pièces ont été dotées de grilles d'extraction raccordées au système d'extraction d'air afin d'évacuer l'air vicié de toutes les zones du bâtiment et d'y attirer l'air frais.

Performance des murs de maçonnerie faisant suite aux rénovations

La performance de l'ossature murale après les travaux a été évaluée au moyen d'un programme de contrôle conçu de manière à enregistrer les conditions de chaleur, d'air et d'humidité à divers endroits des sections murales. La teneur en humidité des solives de bois dans le vide sous toit a aussi été contrôlée. La distribution du mouillage a été enregistrée pour déterminer la relation entre la pluie et les conditions enregistrées dans les sections murales. Les conditions climatiques locales, l'humidité relative intérieure et la température ont également été suivies. Ces conditions ont été surveillées pour six zones murales représentatives de toutes les façades et de tous les étages. Les instruments ont été branchés à un enregistreur de données multicanal placé dans le bâtiment, lequel a stocké des données à intervalles de 30 minutes pendant 15 mois. Le programme de contrôle a permis de tirer les conclusions suivantes :

- La couche protectrice en stucco a réussi à réduire l'importance des infiltrations d'eau dans l'assemblage mural. L'infiltration de pluie à travers les sections murales qui n'étaient pas enduites de stucco était évidente.

- La maçonnerie massive originale (dont la surface intérieure était enduite d'un crépi de ciment) a permis d'assurer une bonne part de l'étanchéité finale du bâtiment rénové.

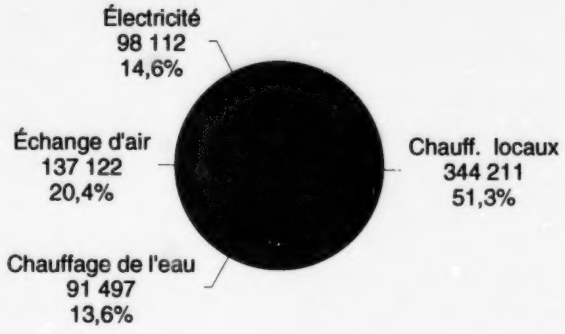
- L'ajout d'isolant (RSI 3.5) sur l'intérieur des murs de maçonnerie a soumis ces murs à des conditions de température et d'humidité analogues à l'extérieur. Les murs en maçonnerie massive avaient tendance à réduire les oscillations à court terme de l'humidité de la cavité par rapport aux conditions extérieures.

Consommation d'énergie

La consommation d'énergie du bâtiment rénové a été comparée aux données recueillies avant les travaux. Malgré la mise en place d'une isolation thermique améliorée, d'un pare-air, d'une installation de chauffage par rayonnement à partir du sol et de nouvelles fenêtres, le bâtiment a consommé 670 942 kWhe (399 kWhe/m^2 ou 0,061 kWhe/m^2/degré-jour). La consommation de gaz naturel a augmenté de quelque 20 % durant la première année suivant les rénovations comparativement à l'année précédente. L'installation d'un puissant système de ventilation fonctionnant en continu, l'augmentation du nombre d'occupants et la préférence des occupants pour les températures intérieures relativement élevées sont probablement les principales causes de cette augmentation. Cela dit, lorsqu'on normalise la consommation énergétique de l'immeuble en fonction de la surface du bâtiment

et de la zone de degrés-jours, on s'aperçoit qu'elle est comparable à d'autres bâtiments résidentiels de moyenne hauteur récemment construits au Canada.

Figure 1 : Consommation d'énergie annuelle suivant les rénovations (kWhe)



Performance du système de ventilation et milieu intérieur

Les systèmes d'alimentation en air et d'extraction d'air fonctionnent continuellement et desservent toutes les pièces habitables du bâtiment. Par conséquent, la qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment est excellente (Tableau 1).

Tableau 1 : Indicateurs de la qualité de l'air intérieur après les rénovations (milieu de l'hiver)

App.	HCHO (mg/L)	Particules ($\mu g/m^3$)	COVT mg/m^3	CO_2 (mg/L)	Temp. °C	HR %
113	<0,01	22	0,315	465	25	5,6
201	<0,01	5-12	0,217	421	27	5,2
203	<0,01	15-23	0,38	569	24	9,8
Cibles	<0,05	40	1,0 (0,2 pour le confort)	1 000 (ASHRAE)	20-22	30-50

Les faibles taux d'humidité relative et de CO_2 enregistrés dans le bâtiment au milieu de l'hiver confirment les conditions extérieures extrêmement sèches de Prince Albert et le taux de renouvellement d'air élevé au sein du bâtiment. L'emploi de matériaux recyclés (pour les armoires de cuisine et de salle de bains par exemple) a aussi contribué à la bonne qualité de l'air intérieur puisqu'on réduisait ainsi le nombre de matériaux associés à l'émission de polluants.

Conclusions

Les résultats de la période de contrôle de 15 mois permettent de conclure que l'ajout d'isolant par l'intérieur sur les murs en maçonnerie massive de l'immeuble n'a pas nui à la performance du mur. Il n'est pas étonnant de constater que les murs qui ont été revêtus de stucco à l'extérieur ont mieux résisté à l'infiltration d'humidité que le mur non protégé. Les conditions d'humidité à l'intérieur des assemblages muraux protégés étaient relativement bénignes et ne compromettront vraisemblablement pas leur durabilité. L'infiltration de pluie dans le mur non protégé a été signalée par la détection d'humidité au sein de l'assemblage, par l'augmentation du taux d'humidité des éléments en bois de l'ossature et par une augmentation du taux d'humidité dans les cavités murales. Heureusement, les assemblages muraux ont aussi tendance à sécher rapidement par la suite. On ne sait toutefois pas dans quelle mesure cette charge en humidité représente une menace pour l'intégrité de la maçonnerie, des joints de mortier et de l'ossature de bois intérieure. De plus amples contrôles seront effectués sur le bâtiment afin de suivre l'évolution des conditions avec le temps. Il faut noter que les observations et les conclusions tirées de cette étude sont propres à la ville de Prince Albert, en Saskatchewan, dont les saisons associées aux cycles de gel et de dégel et le climat sec favorisent l'assèchement des enveloppes de bâtiment mouillées. Les résultats pourraient varier pour des bâtiments situés dans différentes zones climatiques.

La présence très faible de polluants dans l'air intérieur du bâtiment n'est possible qu'au détriment de l'efficacité énergétique et du confort des occupants. Ce bâtiment est sans doute excessivement ventilé étant donné que les frais énergétiques sont élevés et que les taux d'humidité relative à l'intérieur sont trop bas, au milieu de l'hiver, pour assurer le confort des occupants. Les débits d'air du système de ventilation pourraient avoir été mieux rationalisés en fonction des besoins réels des occupants et du bâtiment au chapitre de l'air de ventilation. La récupération de chaleur

aurait aussi dû être prise en considération compte tenu du climat relativement froid de cette région et du fait que l'installation fonctionne continuellement.

Dans l'ensemble, les rénovations ont sensiblement amélioré l'état du bâtiment. On s'attend à ce que sa durabilité à long terme soit meilleure. En ce qui a trait aux occupants, leur confort a été grandement amélioré.

Conséquences pour le secteur du logement

Les résultats de cette étude montrent que, à court terme du moins, l'ajout d'isolant intérieur ne porte pas atteinte aux murs en maçonnerie massive construits en climat froid et sec, particulièrement si des mesures sont prises pour maîtriser les sources d'humidité à l'intérieur et à l'extérieur. Des contrôles plus poussés de ce bâtiment et d'autres immeubles devront être effectués pour évaluer dans quelle mesure ces conclusions se confirment à plus long terme et pour d'autres emplacements. Si ces autres études s'avèrent concluantes, les opérations d'isolation par l'intérieur en rattrapage élargiront les possibilités pour le secteur du logement lors de la rénovation d'immeubles d'appartements.

Directeur de projet : Duncan Hill, Division de la recherche, Société canadienne d'hypothèques et de logement

Rapport de recherche : *The Renovation of an Apartment Building with Solid Masonry Walls*

Consultants pour la recherche : Robert Dumont, Ph.D., Larry Snodgrass et Jerry Makohon, Building Performance Section, Saskatchewan Research Council

On peut obtenir un rapport complet sur ce projet de recherche auprès du Centre canadien de documentation sur l'habitation à l'adresse indiquée ci-après.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à publier et diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Les feuillets documentaires de la série **Le point en recherche** comptent parmi les diverses publications sur le logement produites par la SCHL.

Pour recevoir la liste complète de la série **Le point en recherche**, ou pour obtenir des renseignements sur la recherche et l'information sur le logement de la SCHL, veuillez vous adresser au :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB: www.cmhc-schl.gc.ca/Recherche

LNH 2267

Cette publication contient les renseignements les plus à jour dont disposait la SCHL au moment de sa parution et ces renseignements ont été revus par des experts du secteur de l'habitation. Toutefois, la SCHL n'assume aucune responsabilité pour les dommages, les blessures, les coûts et les pertes pouvant découler de l'utilisation de ces renseignements.